

高精地图 自动驾驶的必由之路

谷小丰

2017.6.20

Contents

- **01** 什么是高精地图
- **02** 高精地图与自动驾驶
- **03** 高精地图是如何打造的
- **04** 高精地图开发的挑战
- **05** 持续赋能自动驾驶，构建自动驾驶的高精度地图数据生态

01

- 什么是高精地图

自动驾驶业界时间表

OEM国外
(2016--2030)

Volvo
Drive me 1.0

Volvo
Drive me 2.0

Audi

Bosch

GM

Daimler

PSA

Delphi+Mobileye

Volkswagen

BMW

GM

Toyota

Nissan

Ford

NuTonomy

OEM国内
(2018--2020)

长安
吉利
一汽

泛亚
比亚迪
奇瑞

东风
长城

互联网公司

Tesla

百度L3

Google

百度
L4

Google
Uber
Tesla

SAE
自动驾驶级别



辅助驾驶
不需要高精地图

(部分/全部) 自动驾驶
需要高精地图

功能差异

前车碰撞预警 (FCW)、车道偏离预警 (LDW)
行人检测预警 (PCW)、自动泊车、节能驾驶...

5rjs.cn 专注无人驾驶
• 高速公路自动巡航
• 通过高速路之间的连接车道
• 切换车道

• 普通路自动巡航
• 通过十字路口
• 避障 (车、人、自行车、其他)

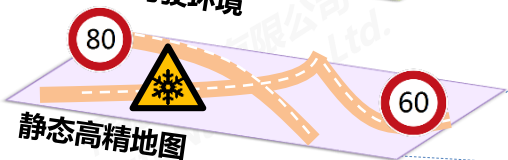
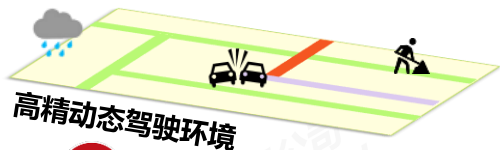
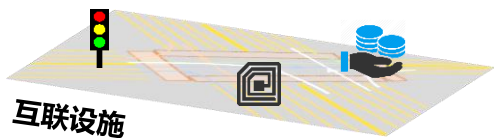
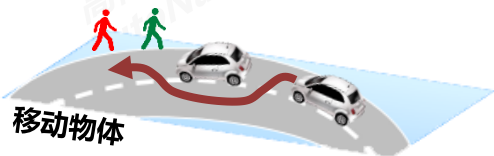
什么是高精地图

- HD map = High definition map 高分辨率地图
- HAD map = Highly automated driving map = 高度自动驾驶地图
- Hoch genaue Karte = 高可信度地图

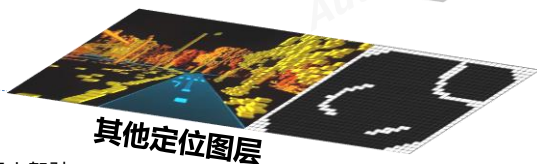
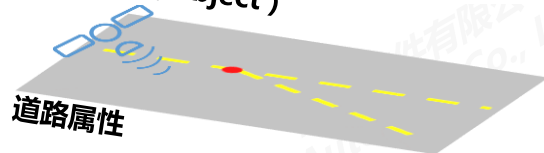
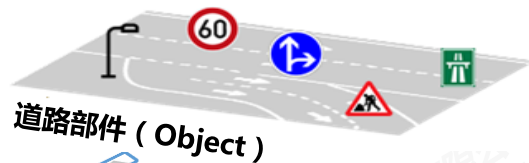
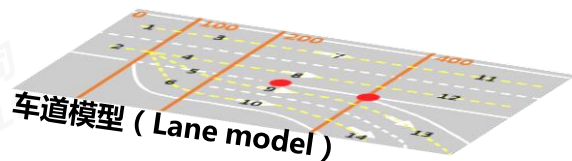
• **高精地图 = 自动驾驶专题图**

什么是高精地图——自动驾驶环境

自动驾驶
环境



高精地图内容



什么是高精地图——内容

道路属性

车道数
失锁区域
道路施工状态
...

车道模型

车道线
车道线曲率/坡度
车道中心线
车道连接
车道属性变化
车道分组

交通设施模型

收费站
符号
交通灯
交通标志
斑马线
停止线
隧道
路缘石
防护栏
障碍物
龙门架
桥梁

隧道

障碍物

杆

龙门架

桥梁

交通标志（动态）

遮光板

防护栏

路缘石

公交车道

路面标识

车道线

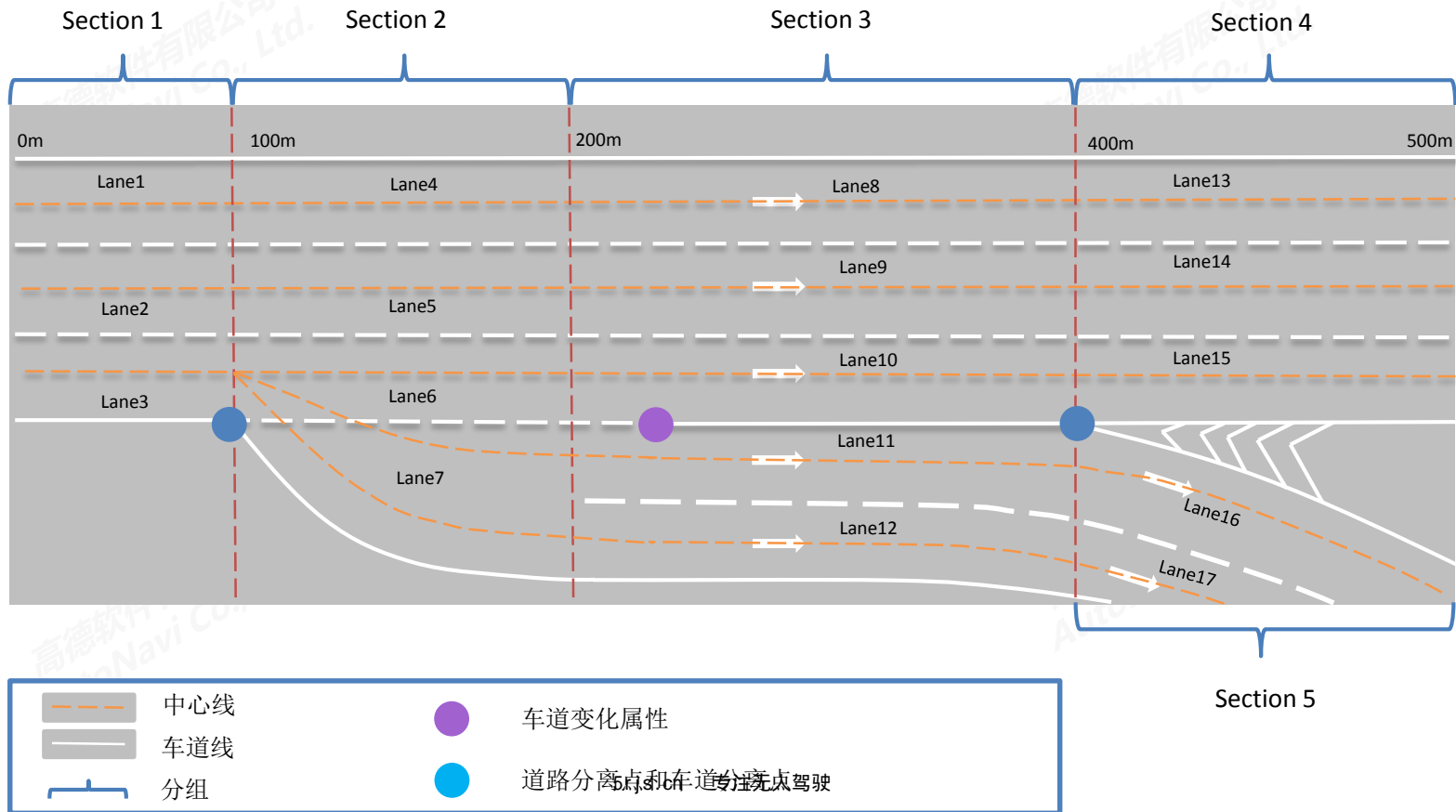
81.3.01 专注无人驾驶

交通区域

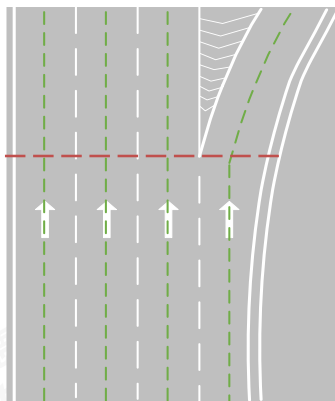
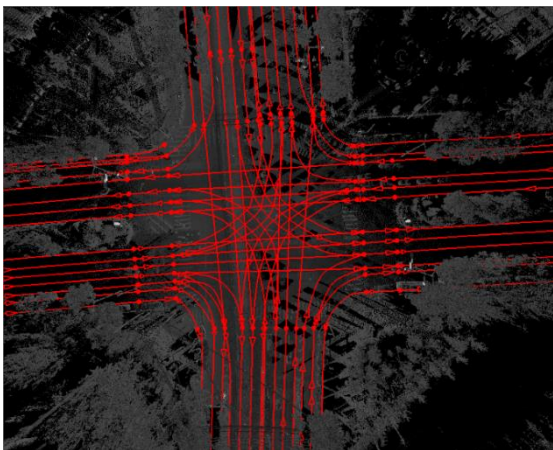
收费站

交通灯
交通区域
斑马线
停止线
杆
...

什么是高精地图——基本车道模型



什么是高精地图——车道连接关系



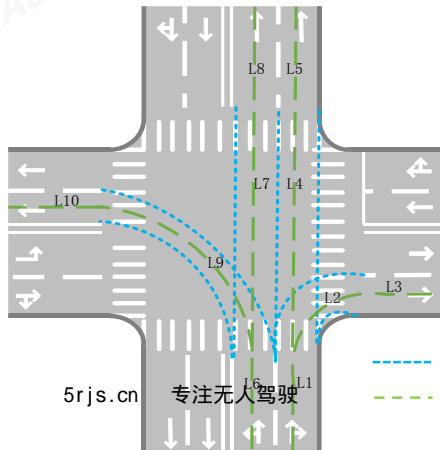
Lane Connectivity:

L1 → L5

L2 → L6

L3 → L7

L4 → L8



Lane Connectivity:

L6 → L7 → L8

L1 → L4 → L5

L1 → L2 → L3

L6 → L9 → L10

5rjs.cn

专注无人驾驶

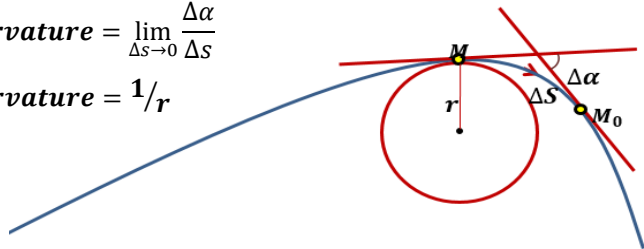
什么是高精地图——数学属性

曲率 Curvature

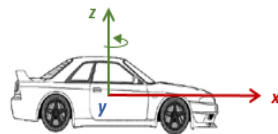
$M \rightarrow M_0$

$$\text{Curvature} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta s}$$

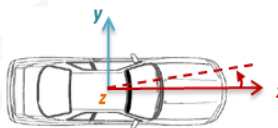
$$\text{Curvature} = 1/r$$



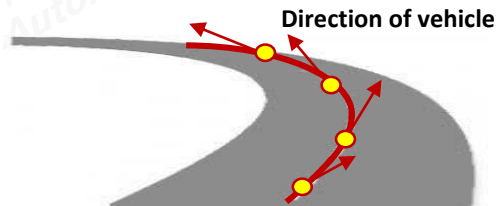
航向 Heading



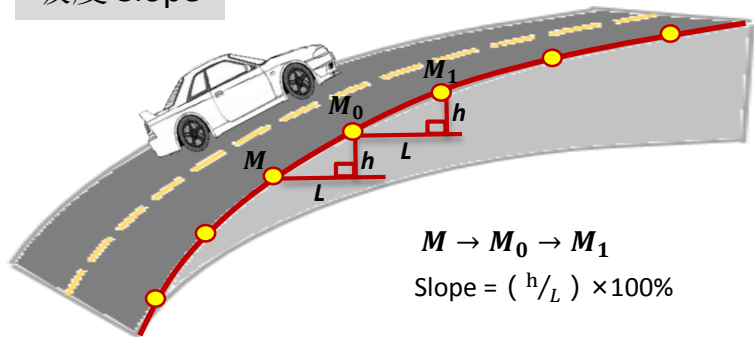
Side



Top



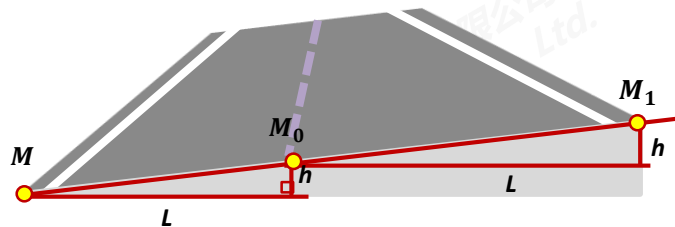
坡度 Slope



$M \rightarrow M_0 \rightarrow M_1$

$$\text{Slope} = (h/L) \times 100\%$$

横坡 Super elevation



$M \rightarrow M_0 \rightarrow M_1$

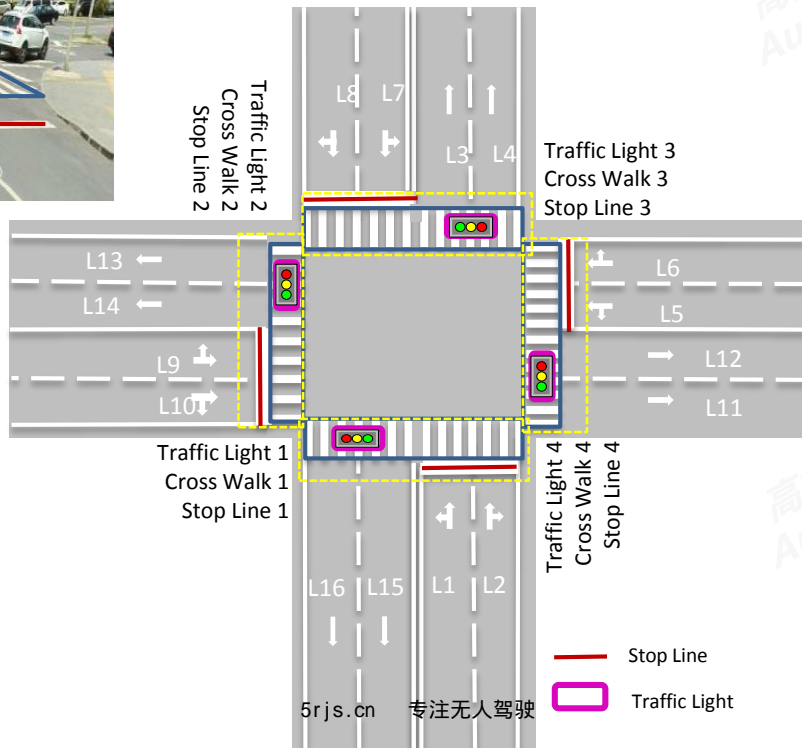
$$\text{Super elevation} = (h/L) \times 100\%$$

什么是高精地图——Object



Relationship of Different Objects

Traffic Light	Stop Line
Traffic Light 3	Stop Line 1
Traffic Light 4	Stop Line 2
Traffic Light	Stop Line
Traffic Light 1	Stop Line 3
Traffic Light 2	Stop Line 4



Relationship of Lane and Object

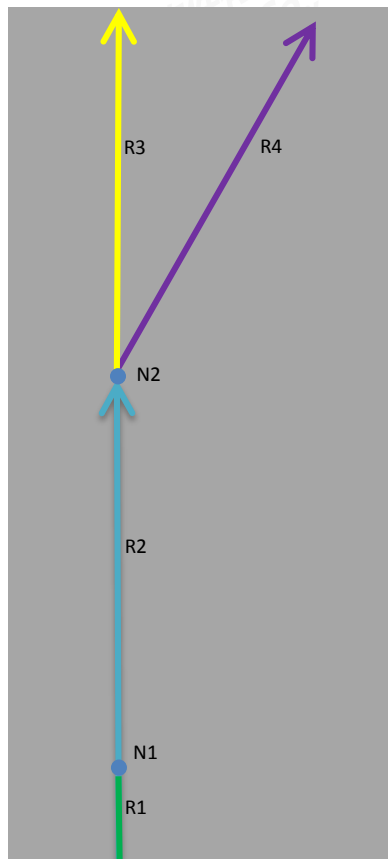
Traffic Light	Lane No.
Traffic Light 1	L7,L8
Traffic Light 2	L5,L6
Traffic Light 3	L1,L2
Traffic Light 4	L9,L10

Cross Walk	Lane No.
Cross Walk 1	L1,L2,L7,L8,L10,L5
Cross Walk 2	L9,L10,L5,L6,L1,L8
Cross Walk 3	L7,L8,L1,L2,L6,L9
Cross Walk 4	L5,L6,L9,L10,L7,L2

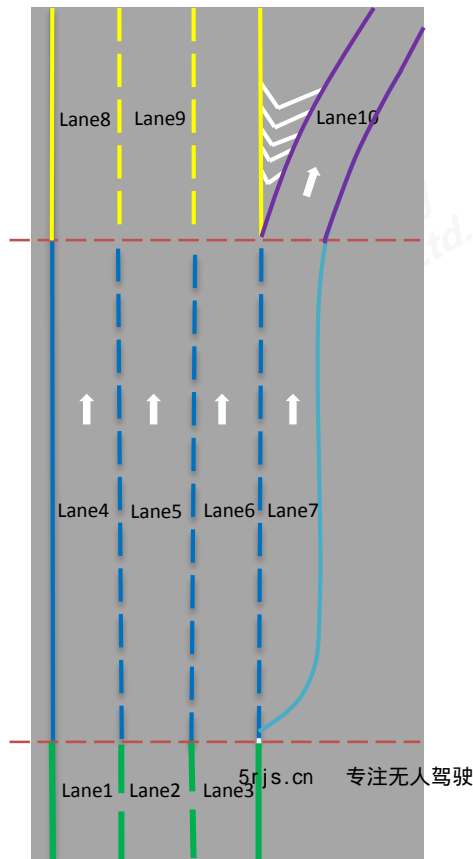
Stop Line	Lane No.
Stop Line 1	L1,L2
Stop Line 2	L9,L10
Stop Line 3	L7,L8
Stop Line 4	L5,L6

什么是高精地图——与导航地图的关联

导航地图



高精地图



关联关系

导航道路	高精地图车道线
R1	Lane1, Lane2, Lane3
R2	Lane4, Lane5, Lane6, Lane7
R3	Lane8, Lane9
R4	Lane10

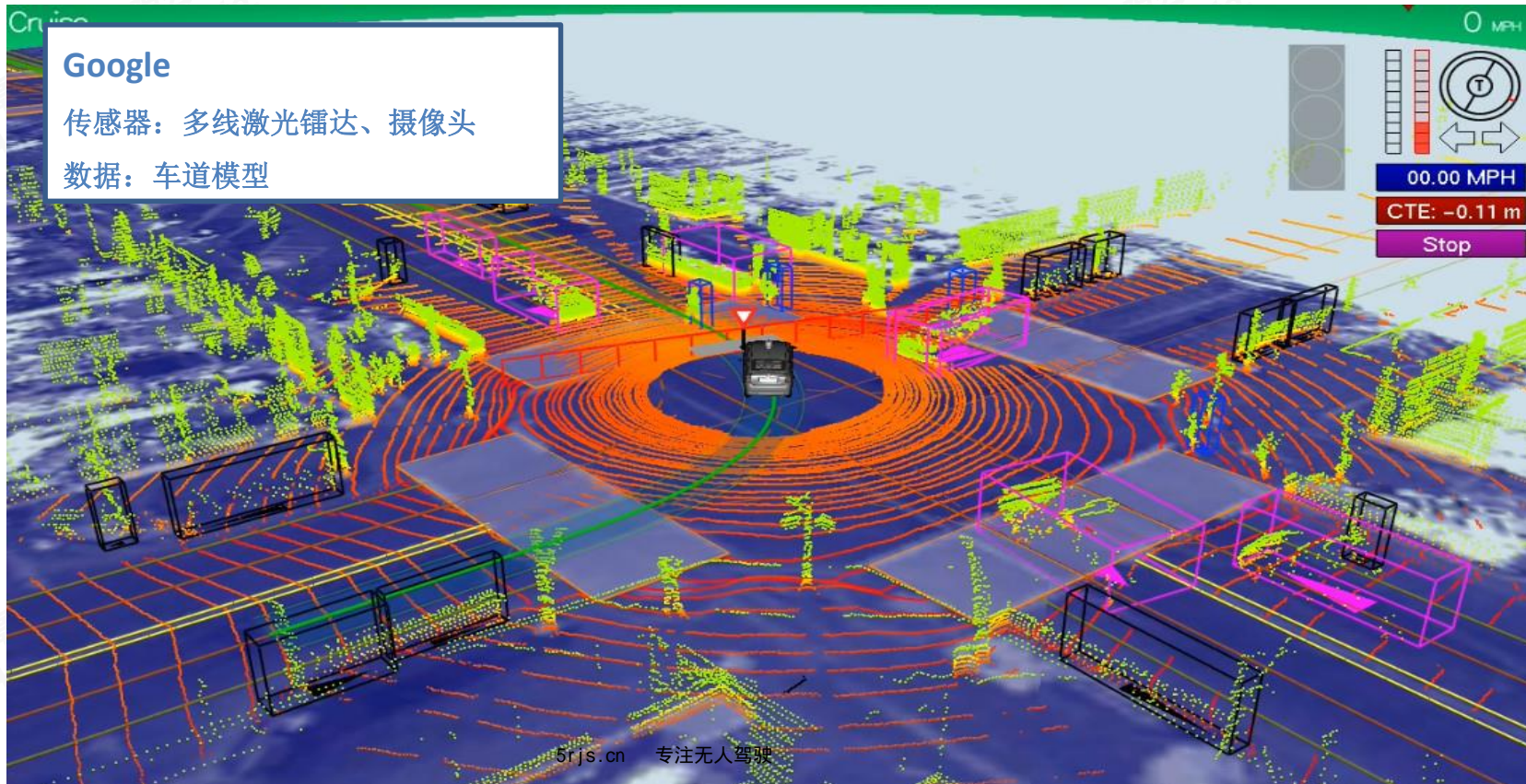
HD Map形态、部件和业界进度

矢量HD Map

Google

传感器：多线激光雷达、摄像头

数据：车道模型



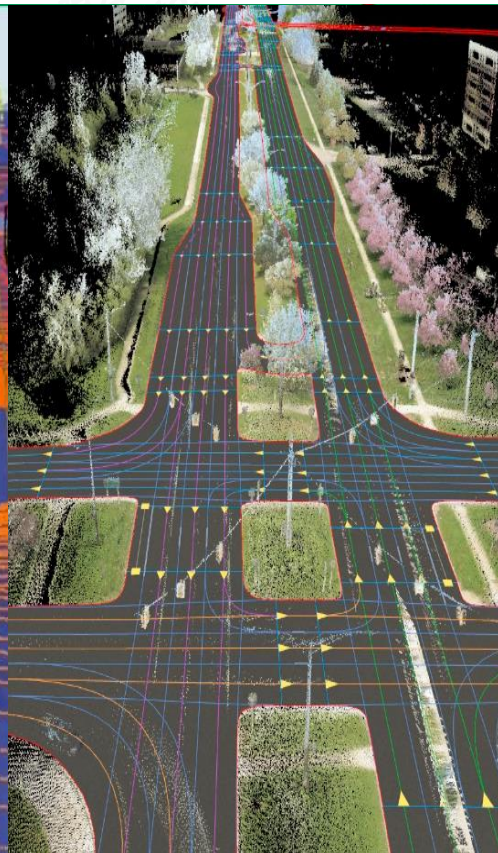
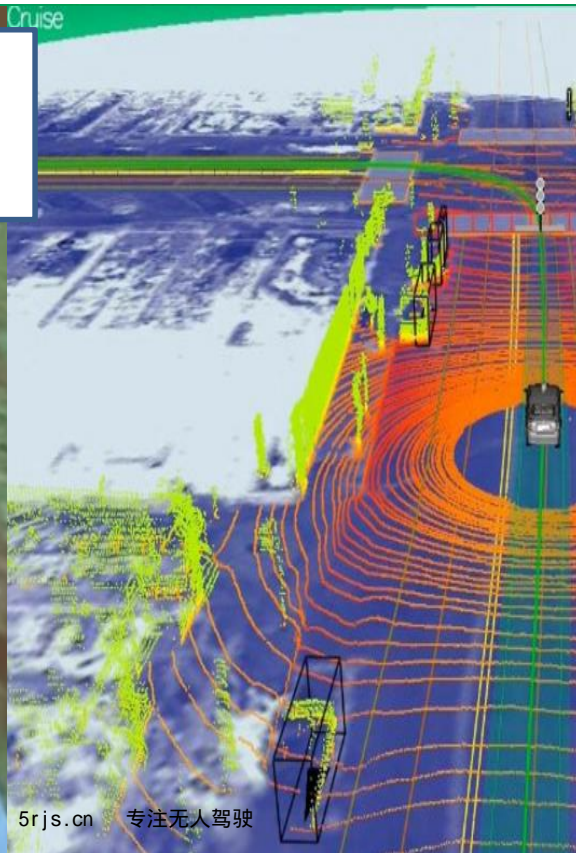
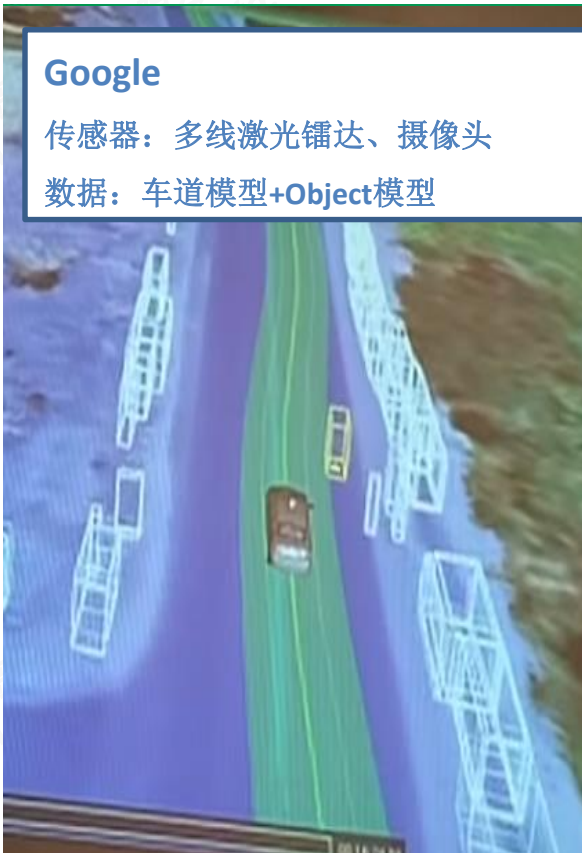
HD Map形态、部件和业界进度

矢量HD Map

Google

传感器：多线激光雷达、摄像头

数据：车道模型+Object模型



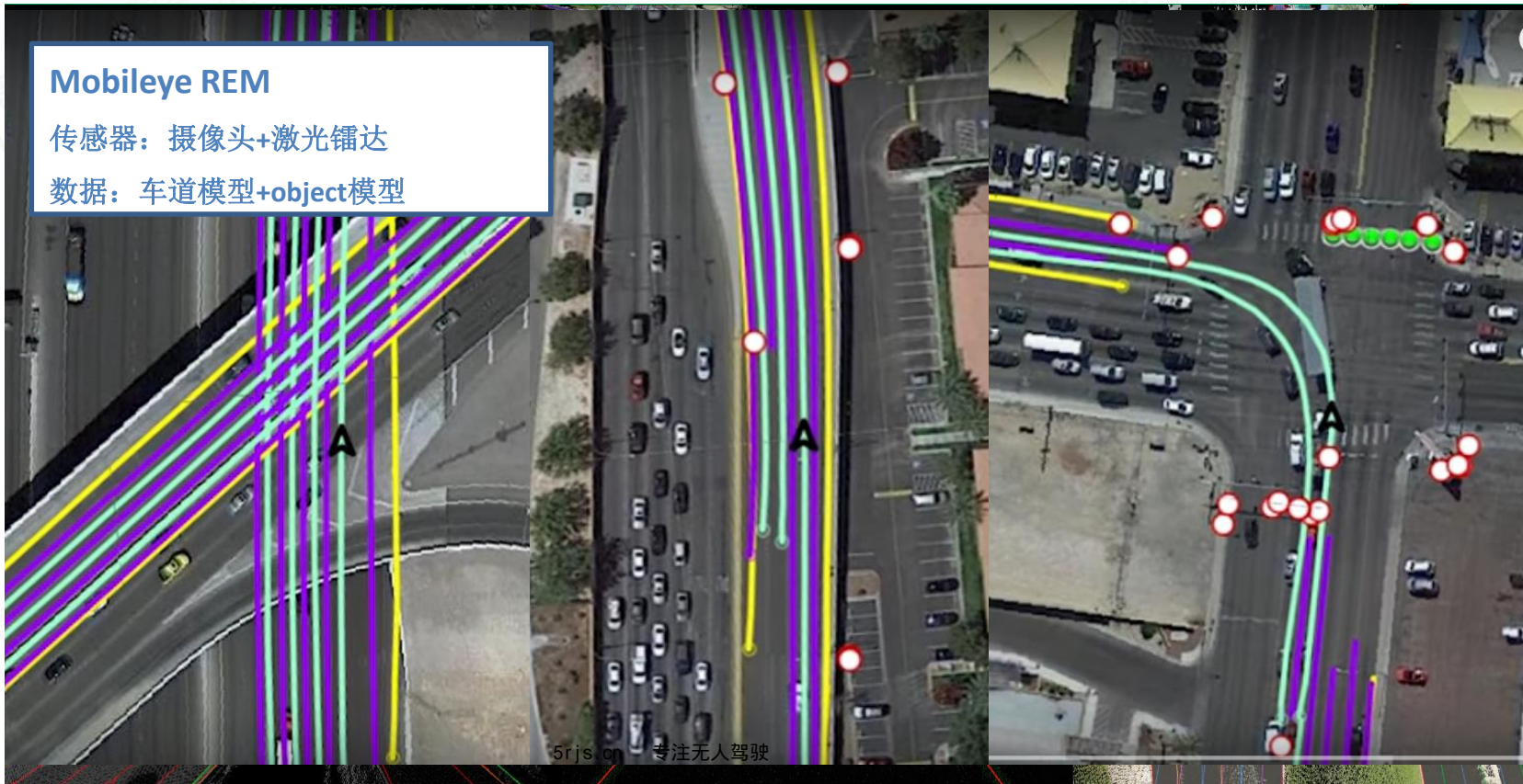
HD Map形态、部件和业界进度

矢量HD Map

Mobileye REM

传感器：摄像头+激光雷达

数据：车道模型+object模型



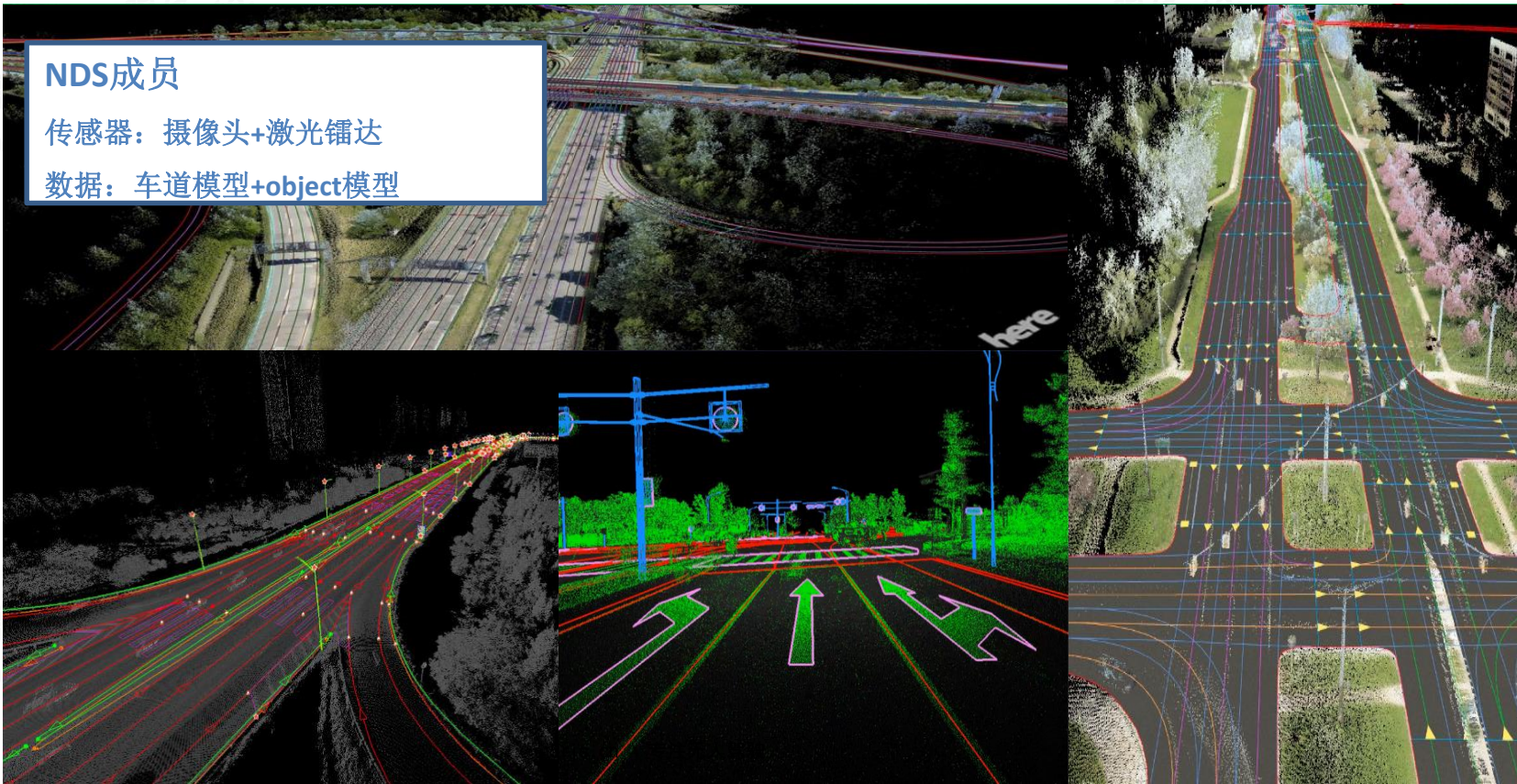
HD Map形态、部件和业界进度

矢量HD Map

NDS成员

传感器：摄像头+激光雷达

数据：车道模型+object模型



HD Map形态、部件和业界进度

格网化定位图

Google

传感器：多线激光雷达

数据：反射率图、DEM、占位图



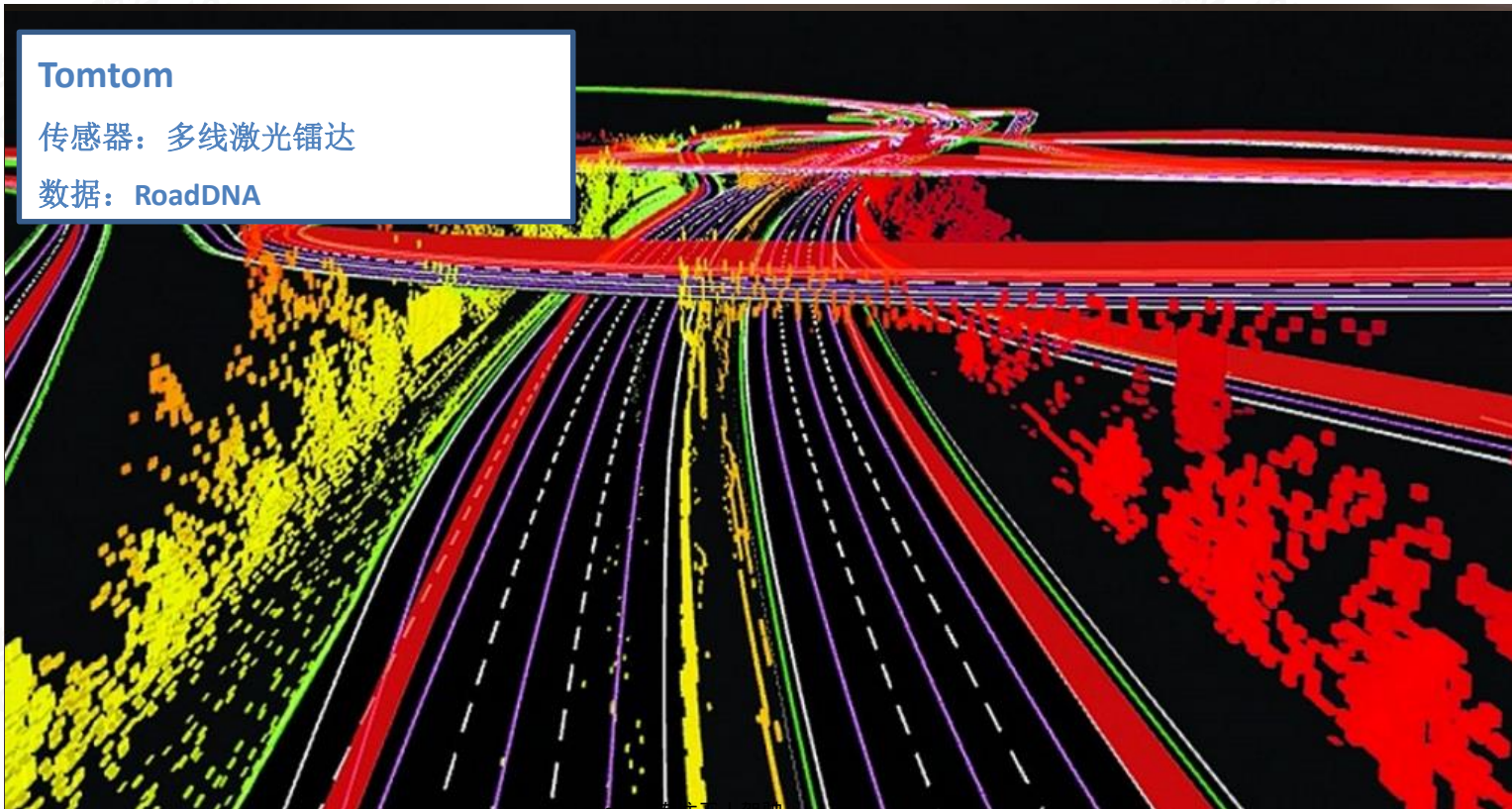
HD Map形态、部件和业界进度

格网化定位图

Tomtom

传感器：多线激光雷达

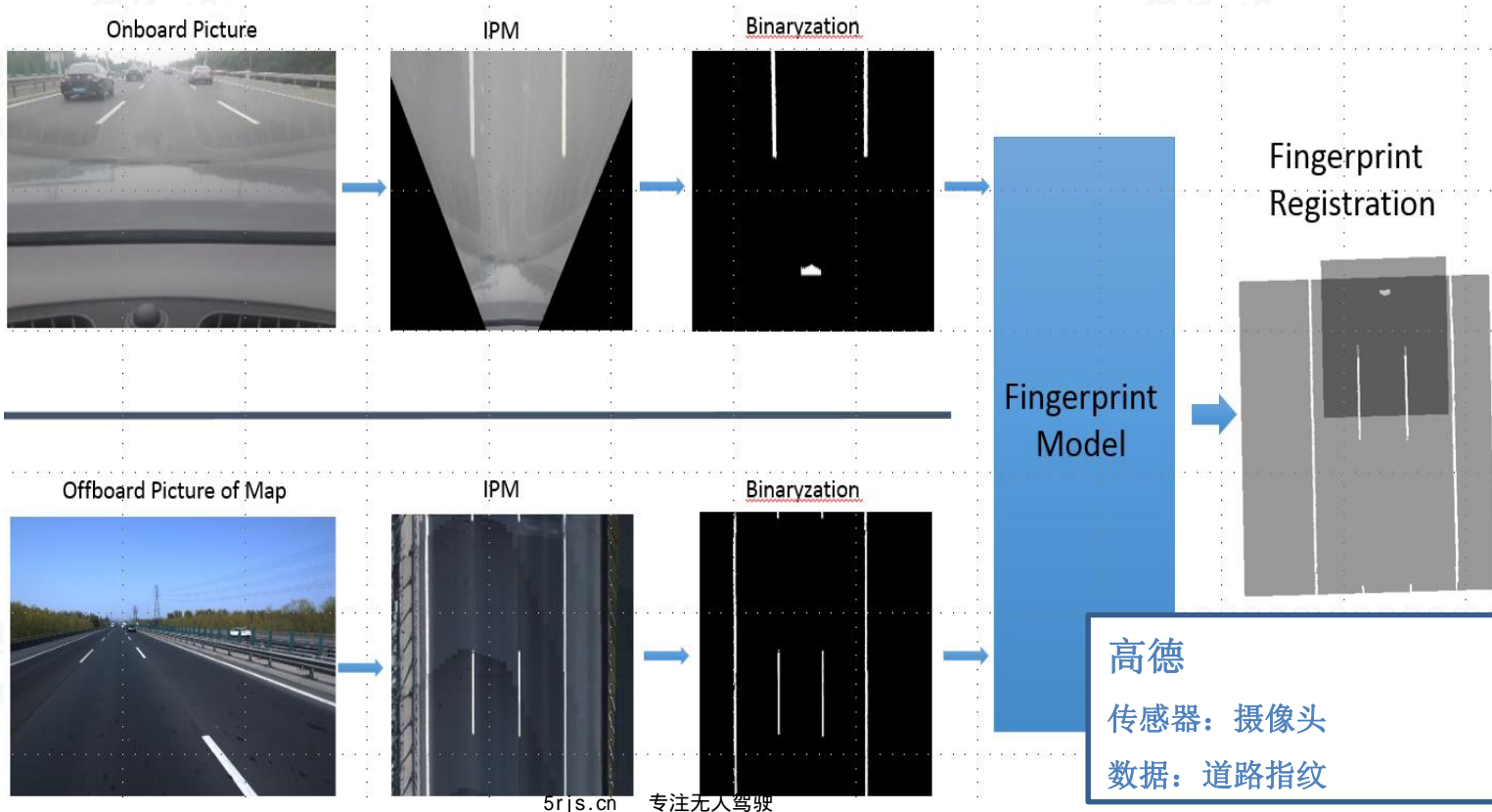
数据：RoadDNA



3175.0m 专注无人驾驶

HD Map形态、部件和业界进度

格网化定位图



高精地图是自动驾驶专题图

导航地图



道路

POI——涉密POI禁止表达、重点POI必须表达

背景——国界、省界等等行政区划边界必须准确表达

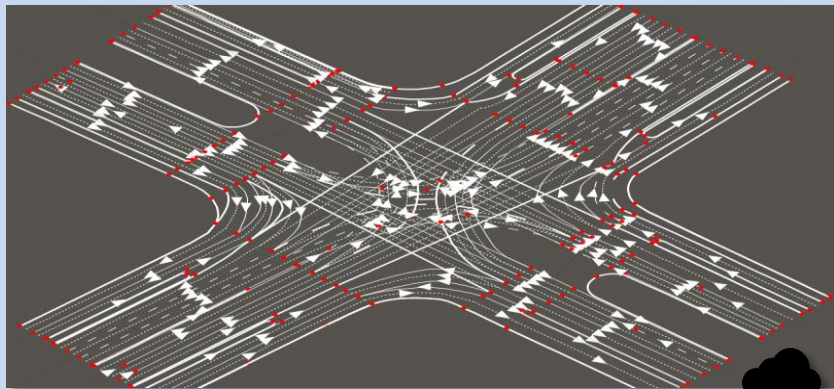
信息娱乐系统

导航、搜索、目视

人，有显示

相对低，人可以良好应对

智能驾驶地图



详细车道模型——曲率、坡度、横坡、航向、高程？限高、限重、限宽

定位地物和Feature图层

车载安全系统

辅助环境感知、定位、车道级路径规划、车辆控制

计算机，无显示

高，机器较难良好应对

常见高精地图问题

- ~~容量很大？~~
- ~~厘米级精度？~~

02

- 高精地图与自动驾驶

高精地图的作用



自动驾驶



人类驾驶员

感知

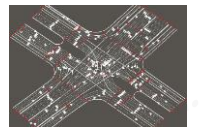
高精定位

决策

控制

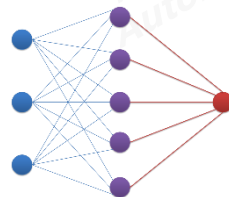


辅助感知和超视距感知



HAD Map + Environment Models

确定车辆在地图中的位置



Artificial Intelligence

车道级路径规划



Automatic Control

方向盘控制、加减速、刹车



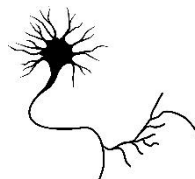
观察、听



对比记忆



思考判断



操控

高精地图的作用

HD Map
云服务



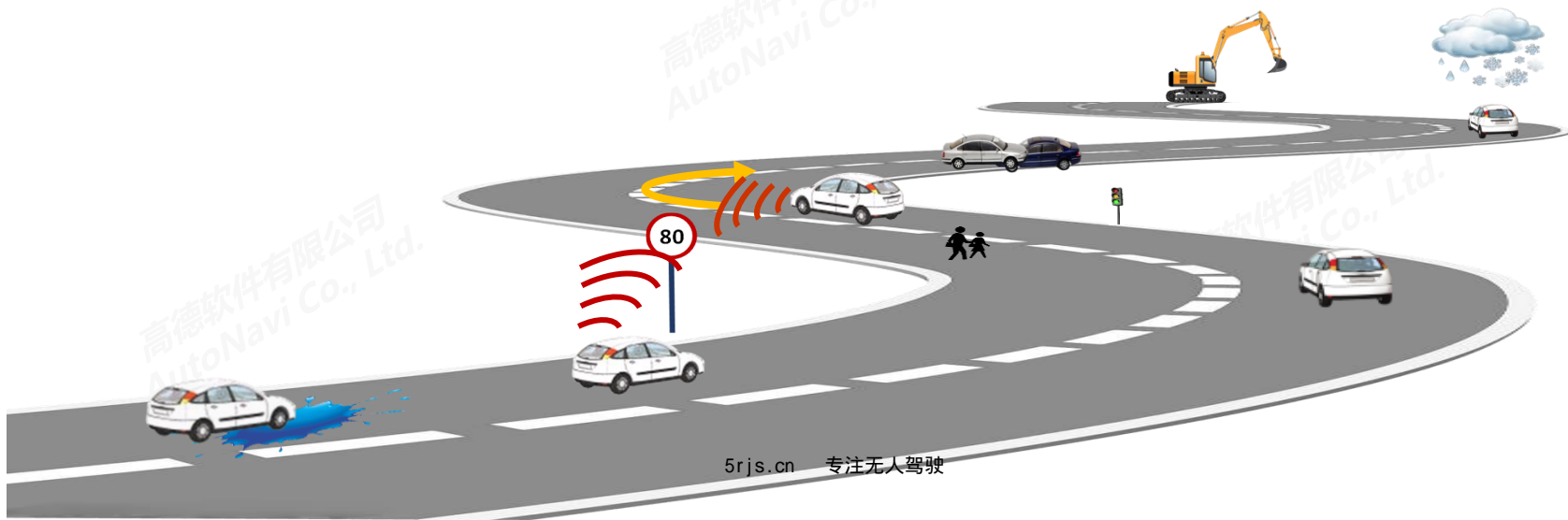
环境感知辅助



高精度定位

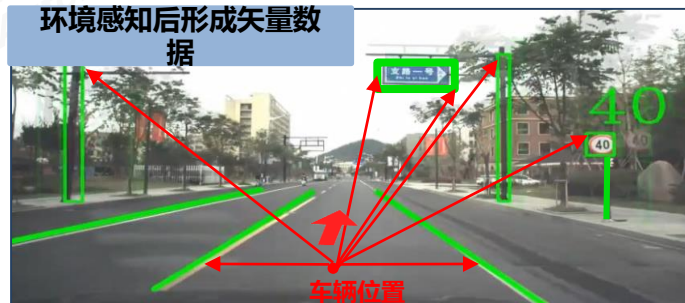


规划与决策

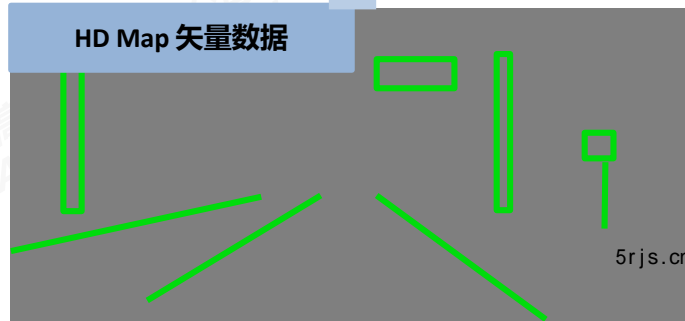


自动驾驶需要HD Map解决的问题

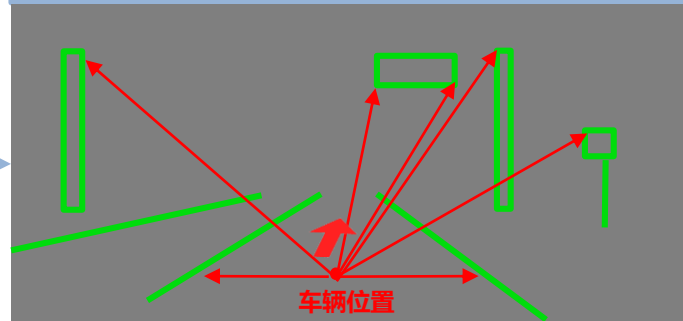
使用矢量Object做地图匹配高精定位



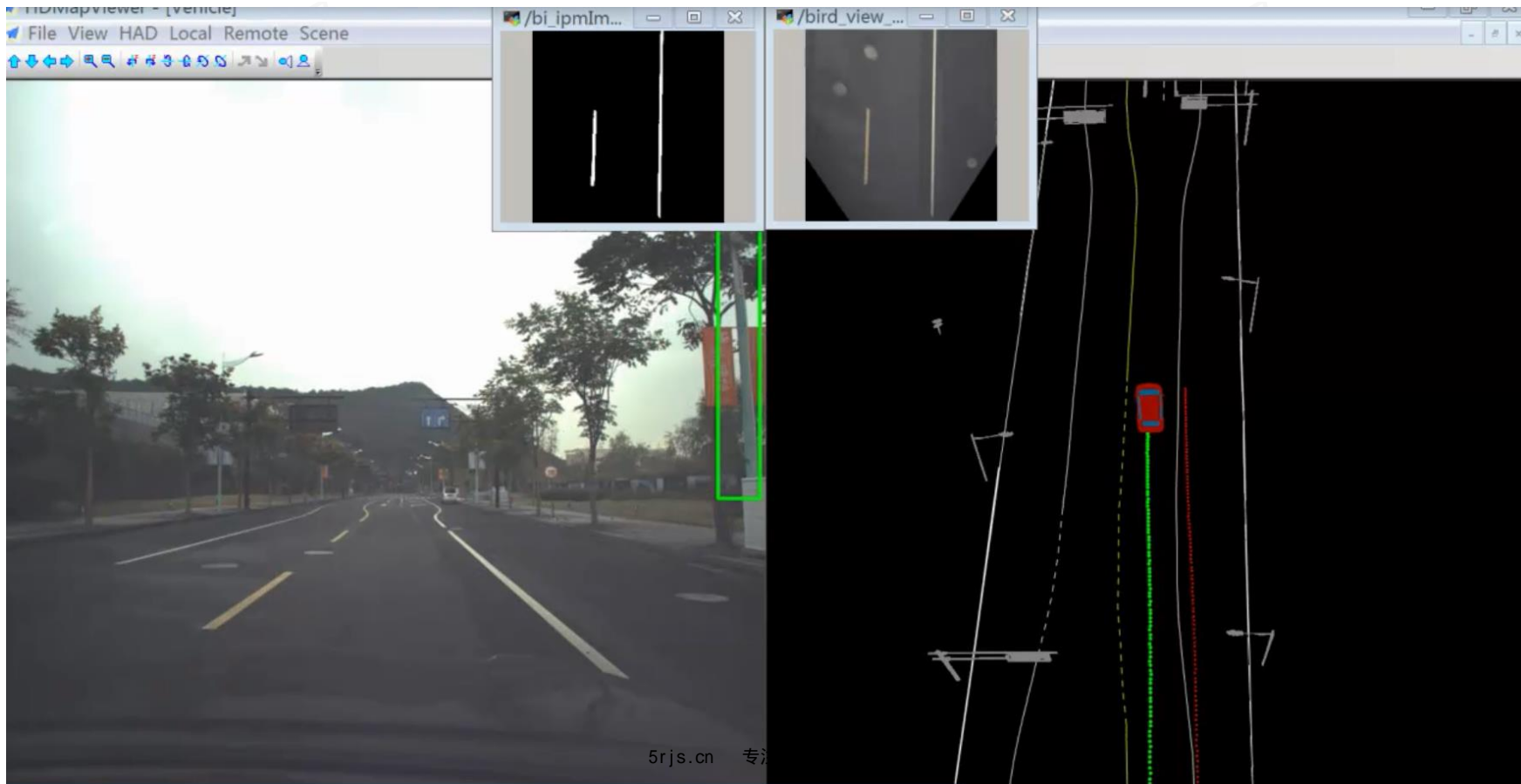
匹配



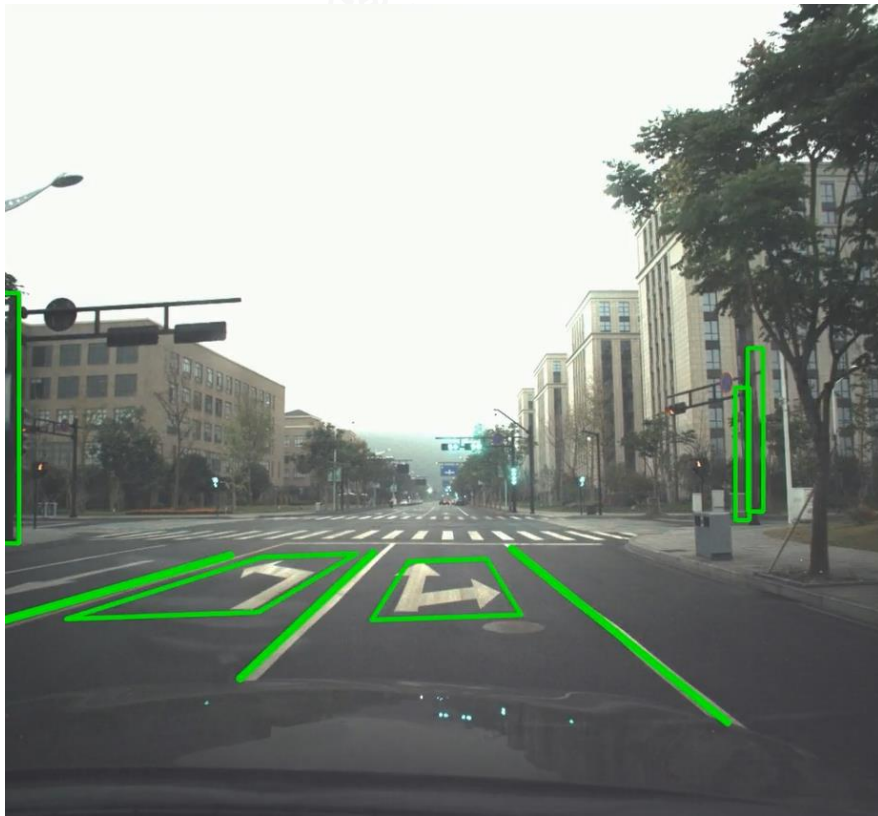
高精定位结果：车辆在HD Map中的位置



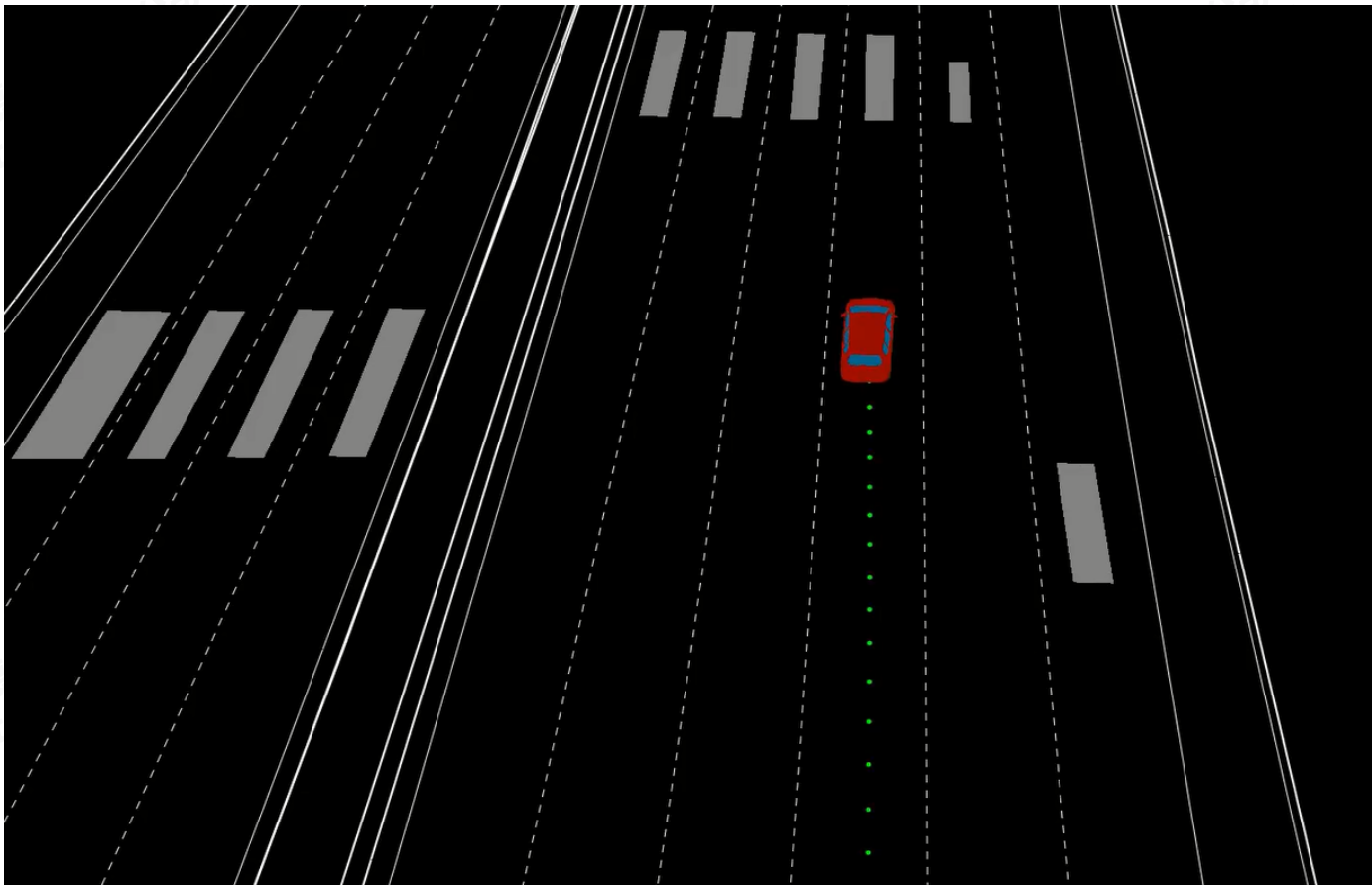
高精定位——高德道路指纹方案



高精定位——基于矢量Object



高精定位——基于千寻RTK级绝对定位

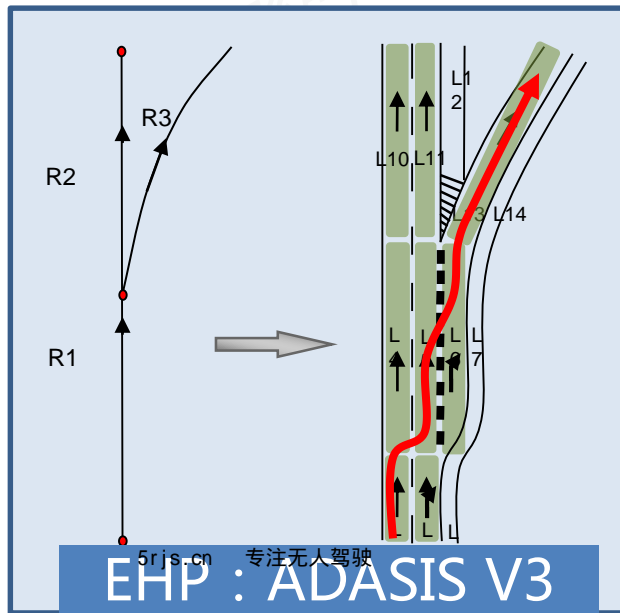


自动驾驶需要HD Map解决的问题——车道级路径规划

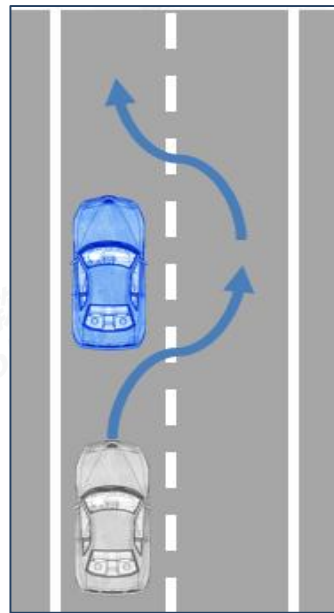
导航地图—道路级路径规划

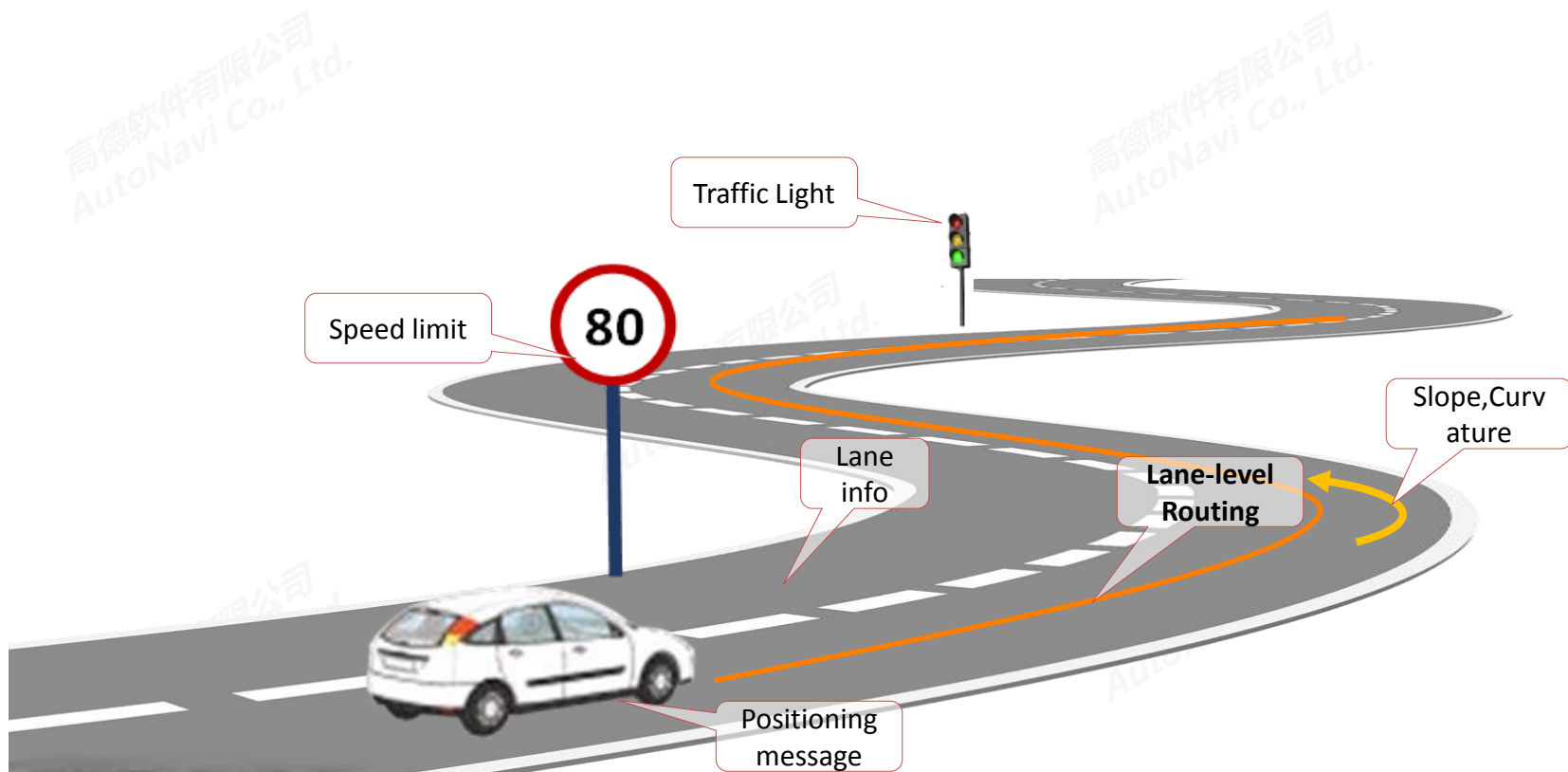


HD Map—车道级路径规划



自动驾驶系统—避障





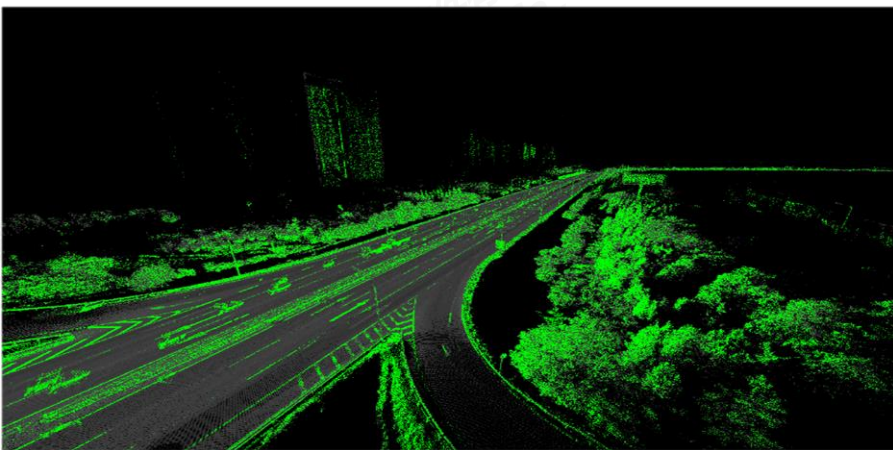
戴姆勒—高德高精地图道路安全应用测试



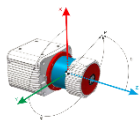
03

- 高精地图是如何打造的

高精地图采集



LiDAR



IMU



GNSS



Camera



More
Accurate

More
Professional

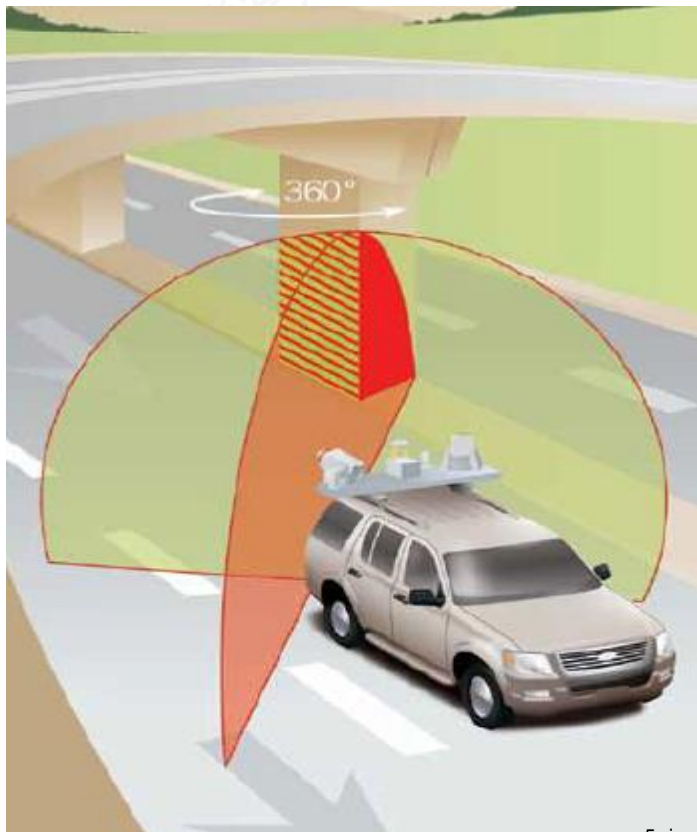
More
Complete

More
Reliable

Vehicle Re - Equipment



激光雷达工作原理

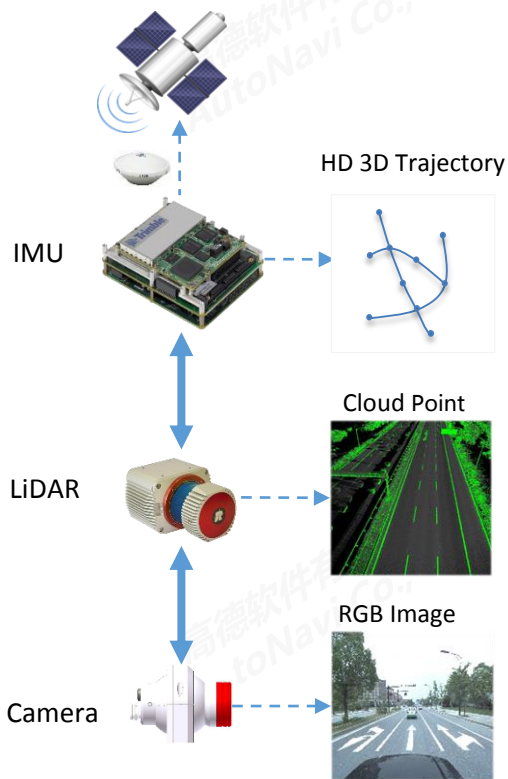


● RIEGL VQ 450

VQ 450	Description
Minimum Range	1.5M
Accuracy	8mm
Max Effective Measurement Rate	1,100,000 meas./sec
Line Scan Speed	Up to 400 lines/sec

高精地图生产流程

Field Collection



Auto-Recognition

Cloud Point

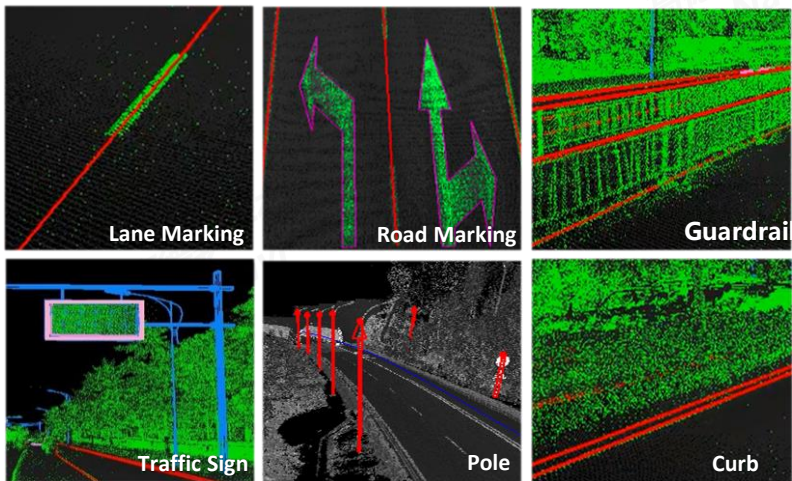
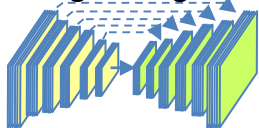


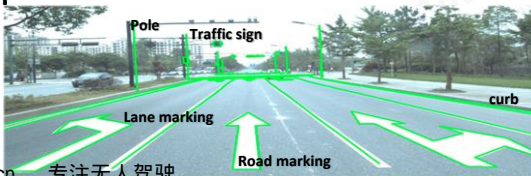
Image Recognition



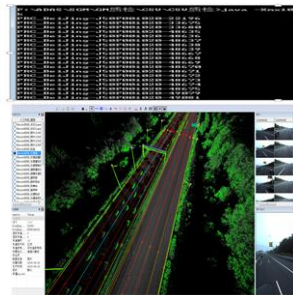
CNN

5rjs.cn

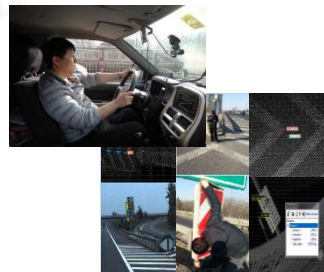
专注无人驾驶



Validation

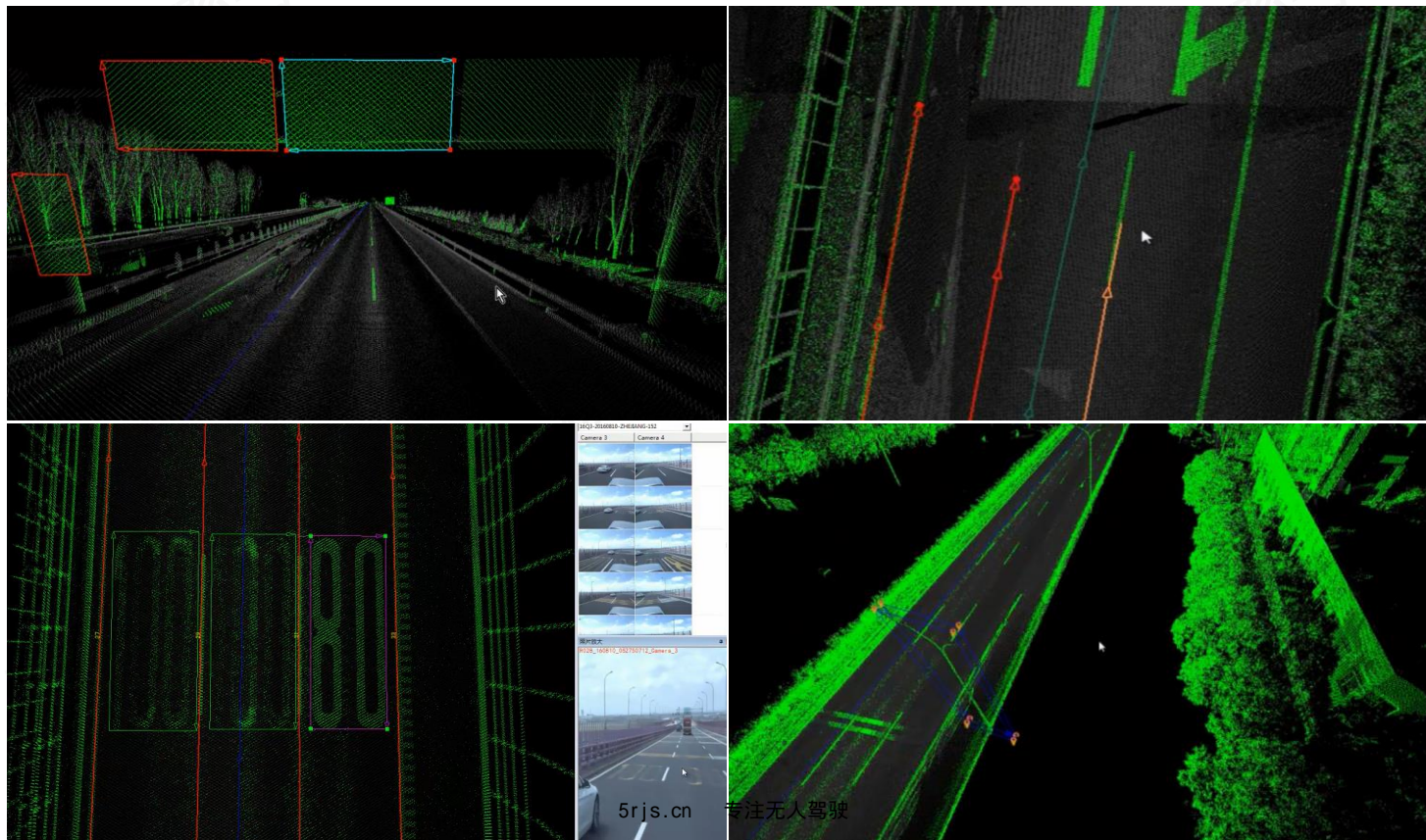


In-house validation by tools & human



On-field Validation

交互式自动识别



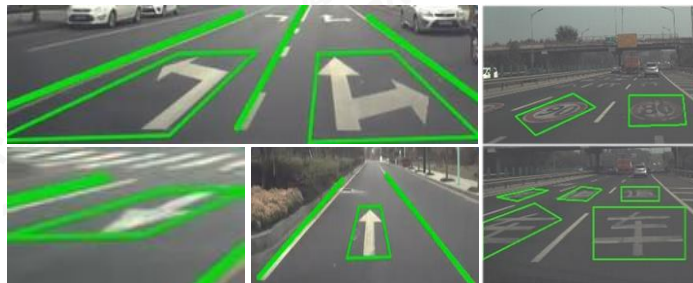
基于深度学习的高精地图图像识别

[视频](#)

Lane Markings



Road Markings



Traffic Signs



Poles



深度神经网络的关键——训练数据

280,000 km point cloud data

$280,000\text{km} * 800 \text{ photos/km} =$ **224,000,00** photos

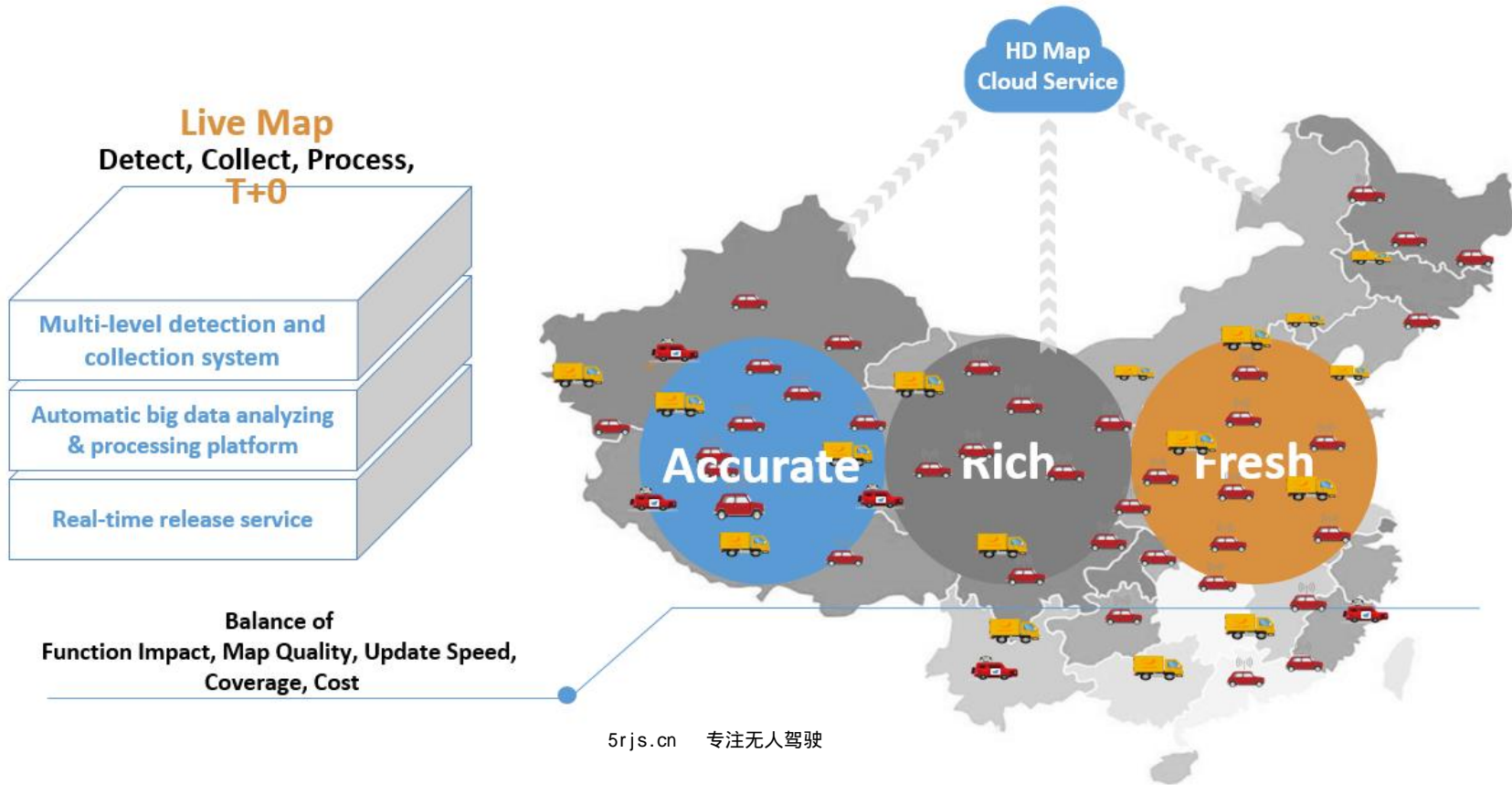
04

- 高精地图发展的挑战

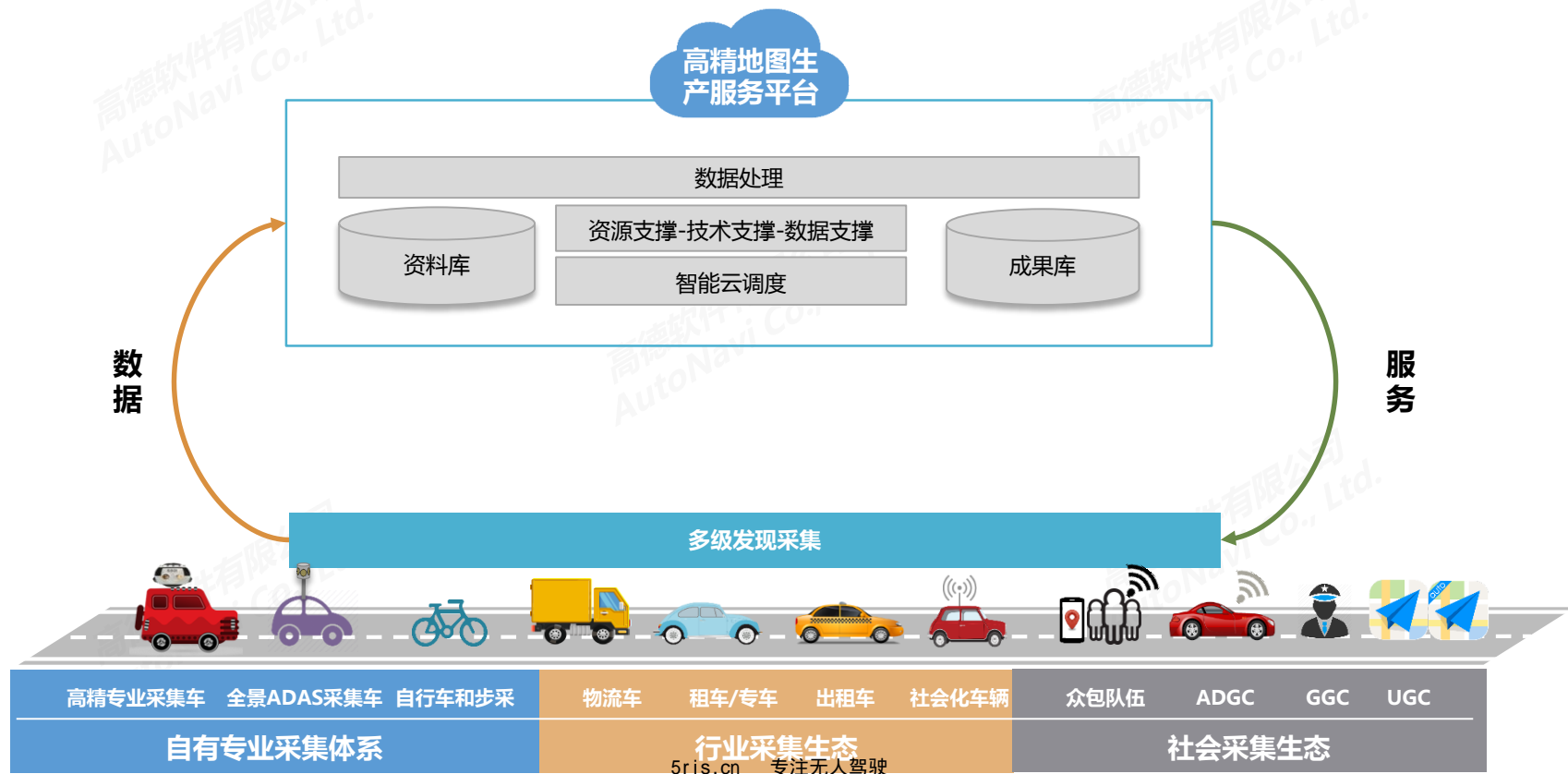
挑战：高精地图到底长什么样？

- 定义高精度地图需要车企和图商的共同努力

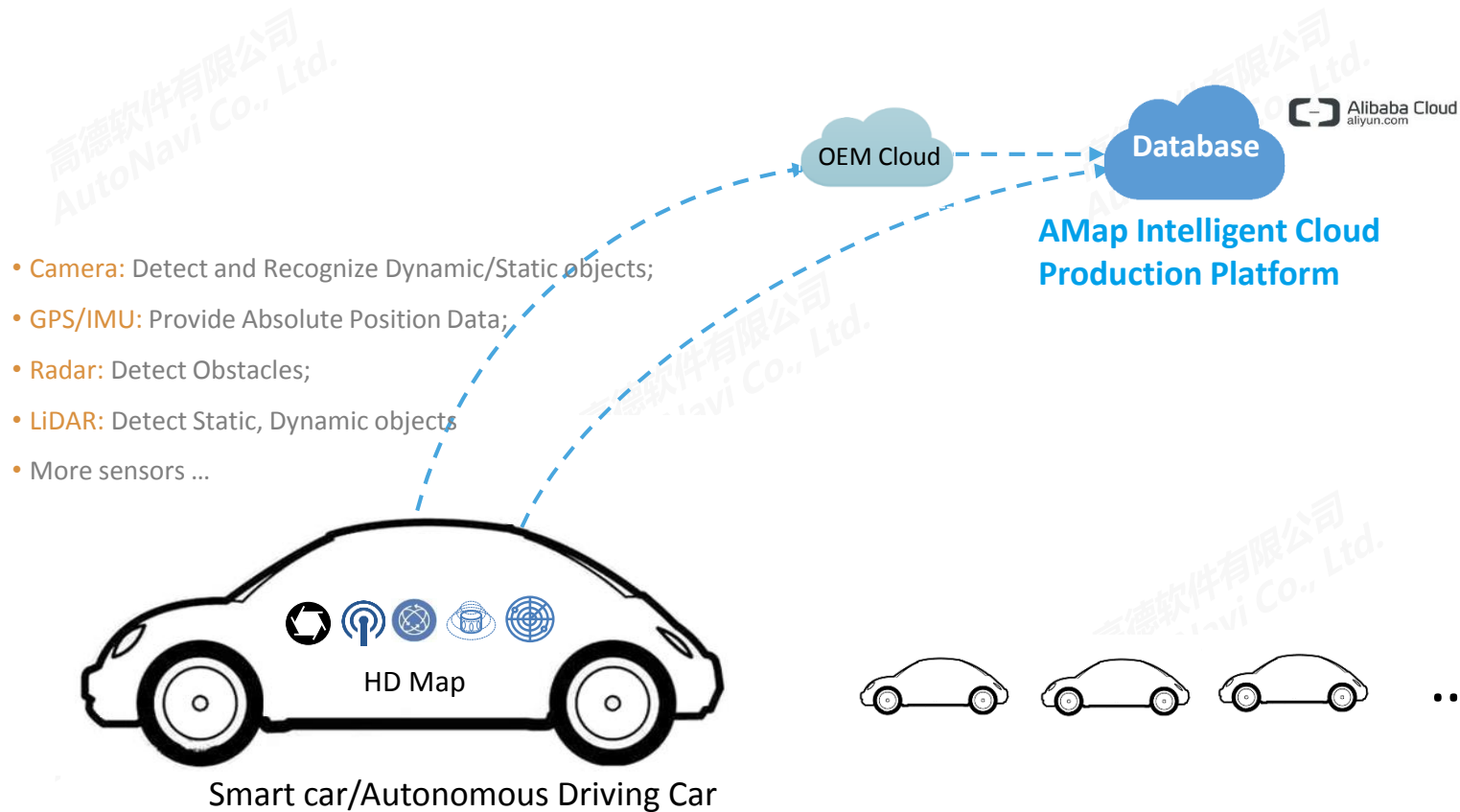
挑战：高精地图到底应该更新多快？



挑战：更新手段



挑战：更新手段——高精地图更新终极方案：UGC



挑战：测绘政策调整

- 政策法规推进的框架
 - 地图偏转的影响
 - 偏转插件的影响
 - 审图政策
 - 数据回传：全民测绘？

挑战：测绘政策调整

关于加强自动驾驶地图测试和应用管理的通知

一、自动驾驶地图属于导航电子地图的新型种类和重要组成部分，其数据采集、编辑加工和生产制作必须由具有导航电子地图制作测绘资质的单位承担。导航电子地图制作单位在与汽车企业合作开展自动驾驶地图的研发测试时，必须由导航电子地图制作单位单独从事所涉及的测绘活动。

二、当前，各单位、企业用于自动驾驶技术试验、道路测试的地图数据(包括在传统导航电子地图基础上增添内容、要素或精度提升的)，应当按照涉密测绘成果进行管理，并采取有效措施确保数据安全。未经省级以上测绘地理信息行政主管部门批准，不得向外国的组织和个人以及在我国注册的外商独资和中外合资、合作企业提供、共享地图数据，不得在相关技术试验或道路测试中允许超出范围的人员接触地图数据。

挑战：测绘政策调整——行业状况

- 测试环境

- 车辆设施：GNSS+差分服务+IMU+激光雷达+毫米波雷达+单目 / 双目摄像头
- 数据：车辆高精度轨迹+激光点云+毫米波雷达点云+摄像头特征点点云+各类矢量目标

- 对自动驾驶开发的必要性

- 安全性要求，必须经过大量模拟测试，例如某车厂测试车辆每天采集数据可达到1T，基于采集到的数据反复对软硬件系统调优

- 车厂测试需求

- 验证车采集的数据
- 自动驾驶地图数据
- 从单车使用到联机使用

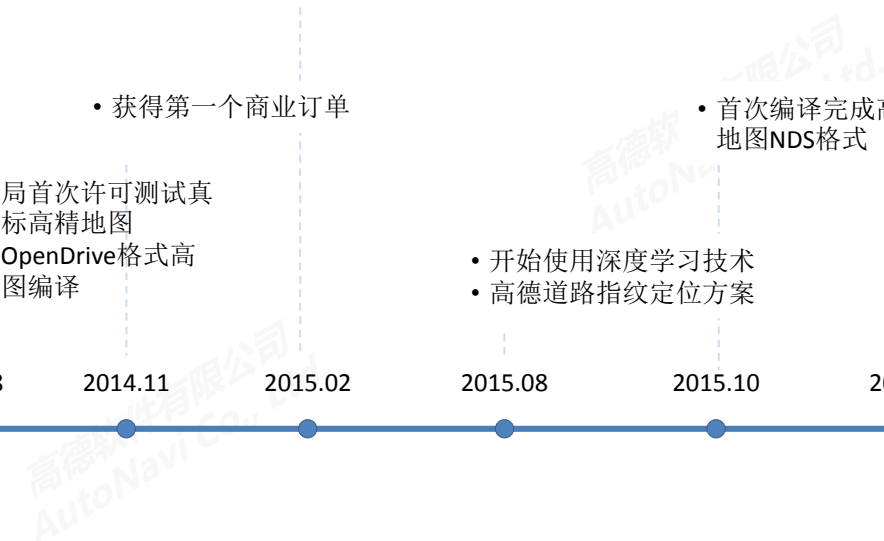
偏转加密影响

对智能驾驶功能的影响？ 待评估



05

- 持续赋能自动驾驶，构建自动驾驶的高精度地图数据生态

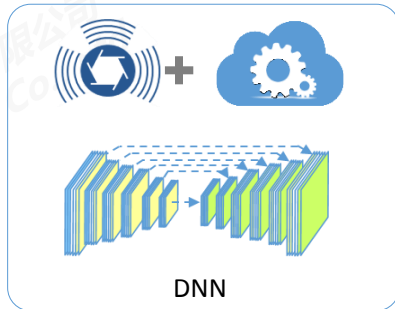
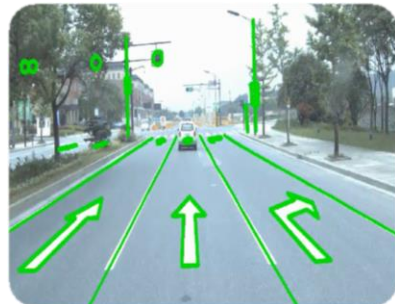
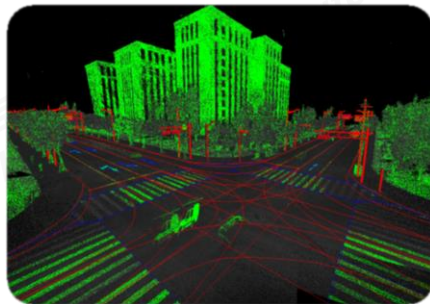


高德高精地图发展历程

280,000km 高速公路

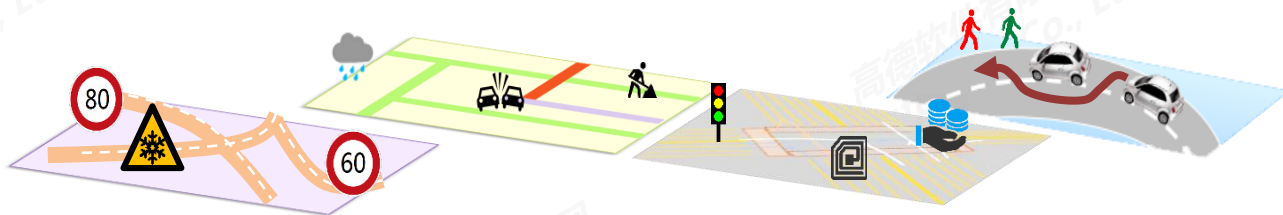


1st 商业订单



从生产到服务——持续赋能自动驾驶

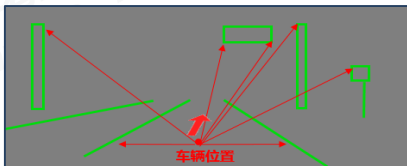
服务



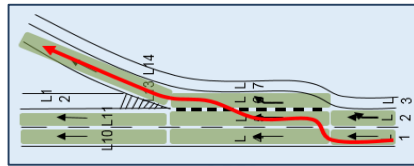
应用



发现能力

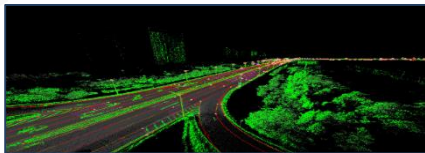


高精定位

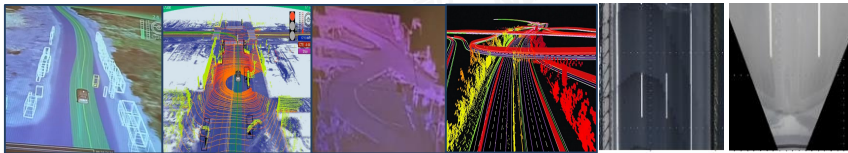


车道级路径规划/EHP

生产



矢量地图



多类型定位图层

全面产业合作成就自动驾驶

复杂的技术 不确定性 新商业模式 新法律法规



谢谢参与！